

УДК 624.15

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭЛЕКТРОГИДРАВЛИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СОЗДАНИЯ БУРОНАБИВНЫХ СВАЙ

Н.Т. Зиновьев, В.И. Курец, Г.П. Филатов, А.Ю. Юшков

Томский политехнический университет

E-mail: ay-yushkov@mail.ru

Представлена модификация технологии создания электронабивных свай. Показано, что для повышения эффективности электрогидравлической установки необходимо использовать метод инициирования разряда, когда рабочий промежуток включается в зарядную цепь конденсаторной батареи генератора импульсов. Приведены основные параметры установки и результаты ее испытаний.

Ключевые слова:*Электрический разряд, свая, электрогидравлическая технология, импульс, жидкость.***Key words:***Electric discharge, pile, electro-hydraulic technology, pulse, liquid.*

Буронабивные сваи получили широкое применение в строительстве в условиях плотной застройки крупных городов, где использование более экономичных забивных свай ограничено из-за создаваемого при забивке динамического воздействия на расположенные рядом здания и сооружения. Недостаток полученных таким образом свай – слабое уплотнение грунта вокруг них, снижающее их несущую способность. Перспективным методом увеличения несущей способности буронабивных свай является применение электрогидравлической технологии [1, 2].

В Томском политехническом университете в течение ряда лет проводятся исследования процесса формирования буронабивных свай при помощи электрогидравлической технологии и поиск оптимальных технических решений его аппаратного оформления [3]. Сваи, изготовленные этим методом, получили название электронабивных свай.

Суть электрогидравлической технологии заключается в воздействии на бетонную смесь, закаченную в скважину, импульсных электрических разрядов, которые генерирует волны сжатия и импульсные давления, что позволяет формировать определенную геометрию свай и уплотнять грунт вокруг нее [2]. При изготовлении электронабивных свай практически сводятся к минимуму динамические воздействия на расположенные рядом фундаменты зданий, подземные сооружения, коммуникации. Сваи, изготовленные с применением такой технологии, обладают повышенной несущей способностью и лучшими экономическими показателями по сравнению со сваями изготовленными другими традиционными способами [1].

Известно [2, 3], что используемые в настоящее время установки для производства свай в основном обеспечивают электротепловой механизм пробоя рабочего промежутка. В этом случае за счет токов ионной проводимости происходит разогрев значительной области раствора между электродами. Затем образуется парогазовая среда, в которой формируется канал разряда. При этом большая часть

энергии импульса затрачивается на ее образование. Наличие потерь энергии на стадии формирования канала разряда оказывает отрицательное влияние на эффективность процесса в целом [4]. Для компенсации этих потерь приходится увеличивать энергию импульса, которая может достигать 25...60 кДж, при напряжениях 5...10 кВ.

Использование подобных уровней энергии приводит к сокращению срока службы электродных систем рабочего снаряда, в частности к разрушению изоляции электродов. Поэтому важной задачей является снижение потерь энергии на стадии формирования канала разряда, что позволяет уменьшить непроизводительные потери энергии импульса и, соответственно, снизить запасаемую в генераторе энергию. Для уменьшения таких потерь энергии используют различные методы инициирования разряда [5]. Но большинство применяемых методов усложняют электрическую или технологическую схемы установок, и их не всегда можно применить для обработки в скважинах цементного раствора.

Из всех доступных на практике методов инициирования разряда, которые могут использоваться при формировании свай, нами был выбран метод, когда осуществлялось включение рабочего промежутка в зарядную цепь конденсаторной батареи генератора импульсов. Такой метод инициирования основан на разогреве жидкости вблизи потенциального электрода перед подачей импульса, что сокращает время образования перегретой неустойчивости вблизи потенциального электрода и соответственно уменьшает потери энергии. Наиболее эффективно его применение при уровнях напряжения в импульсе 25...30 кВ. В работе были использованы две схемы подключения рабочего промежутка, представленные на рис. 1.

Схема на рис. 1, а, является традиционной, в ней разрядный промежуток отделен от конденсаторной батареи генератора импульсов разрядником. В схеме, показанной на рис. 1, б, рабочий промежуток включен в зарядную цепь конденсаторной батареи.

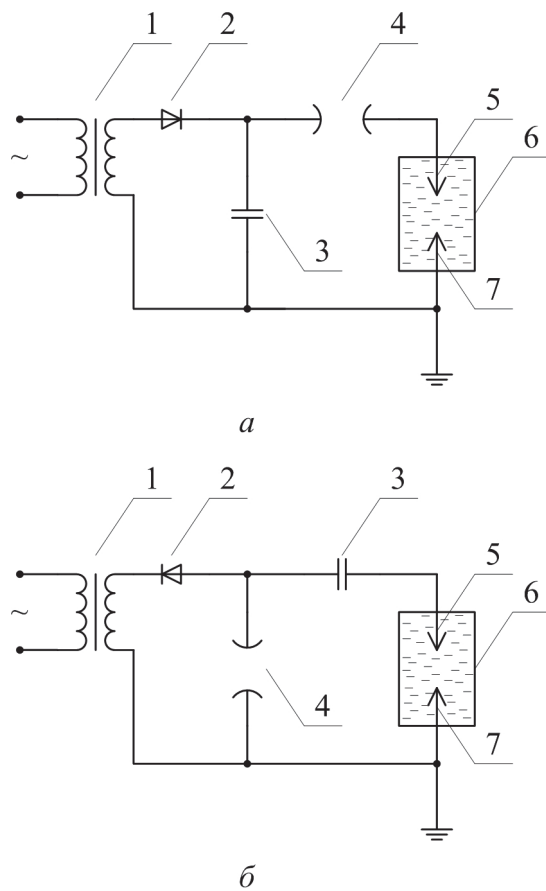


Рис. 1. Схемы подключения рабочего промежутка: а) без протекания зарядного тока, б) с протеканием зарядного тока (1 – высоковольтный трансформатор, 2 – выпрямитель, 3 – конденсаторная батарея, 4 – резистор, 5 – высоковольтный электрод, 6 – рабочая камера, 7 – заземленный высоковольтный электрод)

В качестве источника импульсов в работе использован генератор импульсных токов с параметрами: $U_0=30$ кВ, $L=5$ мкГн, $C_0=1,2...3,0$ мкФ и частотой импульсов ~ 1 Гц. Использовалась система электродов «острие – плоскость». Рабочая камера, которая применялась в исследованиях, представляла металлический стакан с внутренним диаметром 280 мм, потенциальный электрод – стальной стержень диаметром 12 мм, который через проходной изолятор и изоляционную крышку вводился в рабочую камеру. Длина изолятора позволяла варьировать длину оголенной части потенциального электрода (оголенная часть составляла 10 мм). Длина рабочего промежутка между электродами варьировалась от 10 до 50 мм. В сериях опытов число импульсов равнялась $n=30$. Вероятность пробоя промежутка оценивалась по форме импульсов напряжения [4]. Эксперименты проводились при положительной полярности импульсов, подаваемых на потенциальный электрод. В качестве жидких сред в работе использовалась техническая вода с удельным электрическим сопротивлением $\rho \approx 6 \cdot 10^3$ Ом·см и цементный раствор с удельным сопротивлением $\rho \approx 4 \cdot 10^2$ Ом·см. Результаты оценки

вероятности пробоя рабочего промежутка представлены на рис. 2.

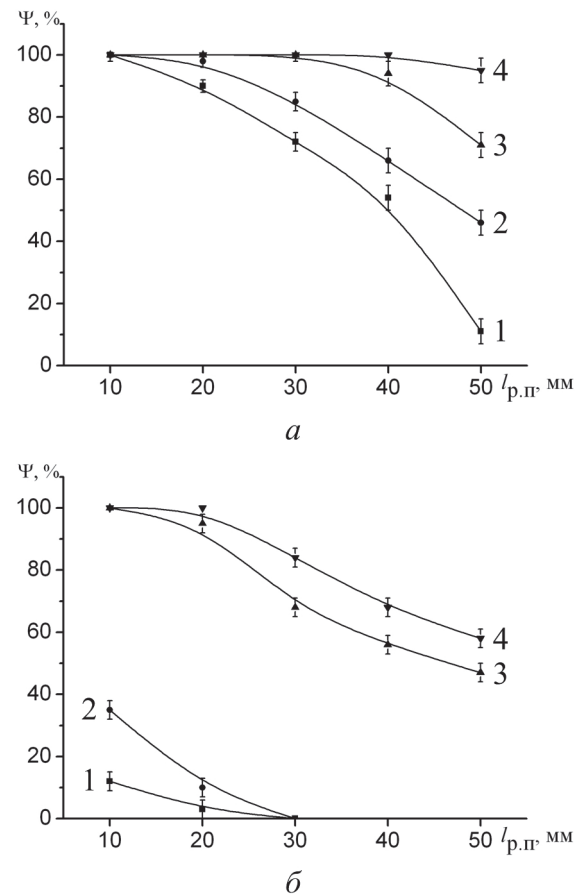


Рис. 2. Зависимость вероятности пробоя рабочего промежутка от его длины: а) техническая вода, б) цементный раствор (1 и 2 – схемы без протекания и с протеканием зарядного тока, соответственно, при энергии импульса 0,54 кДж; 3 и 4 – схемы без протекания и с протеканием зарядного тока, соответственно, при энергии импульса 1,35 кДж)

Как видно на рис. 2, вероятность пробоя рабочих промежутков увеличивается с использованием схемы с протеканием зарядного тока. До формирования импульса по рабочему промежутку течет ток:

$$i_s(t) = \frac{U_0}{R_0} e^{-\frac{t_s}{t_s - RC}},$$

где R_0 – сопротивление зарядного промежутка; U_0 – зарядное напряжения генератора; C – емкость конденсаторной батареи; t_s – время зарядки конденсаторной батареи.

Плотность тока вблизи потенциального электрода:

$$j_s(t) \approx \frac{U_0}{\pi r_s^2 R_0} e^{-\frac{t_s}{t_s - RC}},$$

где r_s – радиус потенциального электрода.

Если время создания перегретой неустойчивости будет достаточно мало ($t_{п.} \ll t_s$), то можно ожидать образования газовых пузырьков еще

до подачи импульса от генератора. Наличие пузырьков газа, сформировавшихся на потенциальном электроде, является инициирующим фактором при пробое рабочих промежутков. В случае, если при изменении зарядного тока и напряженности поля у потенциального электрода при зарядке конденсаторной батареи не успевают создаваться газовые пузырьки, то объем жидкости в области электрода имеет повышенную температуру и при подаче импульса условия для возникновения перегретой неустойчивости улучшаются.

Результаты работы показывают, что использование схемы, где рабочий промежуток включен в зарядную цепь конденсаторной батареи генератора импульсных токов снижает уровень потерь на стадии развития разряда на 20...30 % при обработке проводящих жидкостей. Предложенный метод инициирования разряда позволяет создать надежный рабочий орган для высоковольтных электрогидравлических установок, и его можно рекомендовать для применения практически во всех электроразрядных технологиях.

В результате исследований была создана опытно-промышленная установка HDVID 50, предназначенная для обработки мелкозернистой подвижной бетонной смеси буронабивных свай электрическими разрядами. Установка совместно разработана и изготовлена в Томском политехническом университете и Инженерно-строительном институте (г. Чанчунь, КНР). На рис. 3 показана установка до монтажа ее в контейнер.

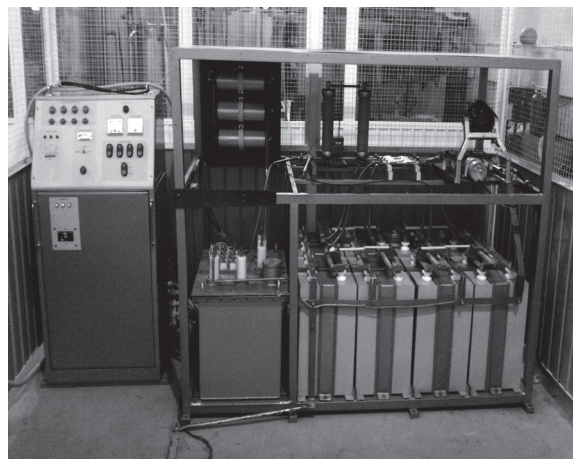


Рис. 3. Установка HDVID 50

В состав установки HDVID 50 входят генератор импульсных токов, зарядное устройство, коммутатор, пульт управления и рабочий снаряд.

Основные технические характеристики установки HDVID 50:

- энергия в импульсе — до 50 кДж;
- амплитуда импульса напряжения — 6...10 кВ;
- частота срабатывания — не более 0,2 имп./с;
- напряжение питающей сети — 380 В, 50 Гц;

- потребляемая мощность — 10 кВА;
- масса оборудования — не более 1500 кг.

В процессе испытания установки было решено использовать рабочее напряжение в 6...10 кВ, т. к. при применении напряжения 25...30 кВ резко повышаются технические требования кабельной линии, передающей импульс от генератора до рабочего снаряда.

На полигоне Инженерно-строительного института (г. Чанчунь, КНР) проведены испытания установки и отработана технология создания электронабивных свай. Были изготовлены опытные сваи длиной 3,0...5,0 м. Диаметр лидерной скважины составлял 150 мм. Обработка скважины выполнялась, как правило, с шагом 0,5 м. На каждом горизонте производилось от 5 до 15 разрядов. Количество разрядов определяют из требуемого радиуса камуфлетного уширения. Обработка скважины может осуществляться как снизу вверх, так и сверху вниз в зависимости от грунтовых условий. При формировании свай менялась энергия импульса и оценивалось понижение бетона в скважине после каждого разряда.

При создании электронабивных свай удалось в зоне обработки увеличить диаметр скважины приблизительно в 1,7...2,0 раза. На рис. 4 показано изменение сечения электронабивных свай.

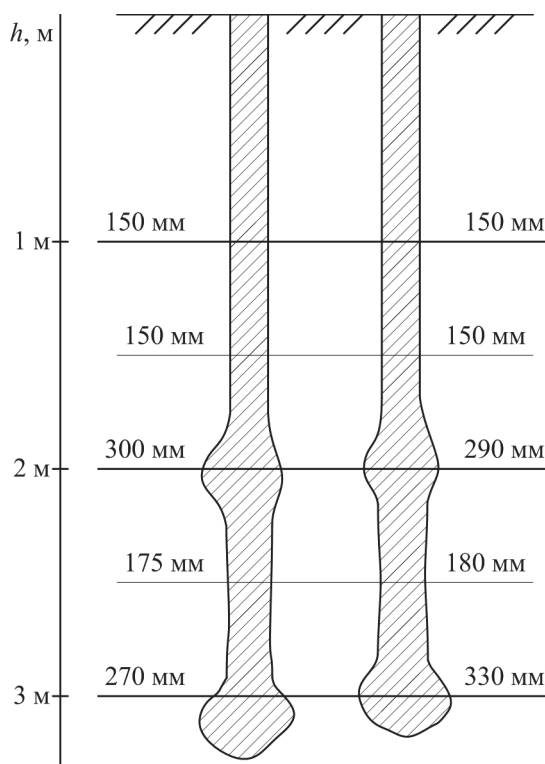


Рис. 4. Зависимость изменения сечения электронабивных свай от глубины

В результате формирования свай объемный вес грунта вокруг них увеличился в среднем на 15 %, т. е. произошло уплотнение грунта вокруг свай. Это привело к росту несущей способности свай.

Выводы

1. Предложен метод инициирования электрического разряда в проводящих средах, заключающийся во включении рабочего промежутка в зарядную цепь генератора импульсов.
2. Показано, что инициирование разряда при производстве электронабивных свай позволяет на

20...30 % уменьшить предпробивные потери энергии и, соответственно, уменьшить величину запасаемой энергии в генераторе импульсов.

3. Разработана технология производства электронабивных свай, и создана установка HDVID 50, которая прошла успешные испытания в г. Чанчунь (КНР).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Евдокимов В.С., Егоров А.Л., Борисенков В.И. Набивные сваи, изготовленные по электроимпульсной технологии // Проектирование и инженерные изыскания. – 1991. – № 2. – С. 17–19.
2. Балохин Б.В., Джантимиров Х.А. Новые электроразрядные технологии в геотехническом строительстве // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 1998. – № 4–5. – С. 47–52.
3. Курец В.И., Юшков А.Ю. Производство набивных свай и анкеров с использованием электрических импульсных разрядов // Известия Томского политехнического университета. – 2006 – Т. 309. – № 2. – С. 76–79
4. Кривицкий Е.В. Динамика электровзрыва в жидкости. – Киев: Наукова думка, 1986. – 206 с.
5. Малюшевский П.П. Основы разрядно-импульсной технологии. – Киев: Наукова думка, 1983. – 272 с.

Поступила 22.03.2012 г.

УДК 004.9+621.317.3

ЦИФРОВОЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ МОЩНОСТИ СИГНАЛОВ СЛОЖНОЙ ФОРМЫ НА БАЗЕ PXI-ПЛАТФОРМЫ

С.В. Силушкин, С.В. Муравьев, Ю.М. Фомичев, Е.Ю. Емельянова

Томский политехнический университет
E-mail: slavasv@mail.ru

Обсуждается реализация модульного измерителя электрической мощности сигналов сложной формы на базе модульной PXI-платформы, которая позволяет проводить измерение электрической мощности синусоидальных и несинусоидальных сигналов, т. е. проводить оценку качества электроэнергии. Предложены и реализованы структурная схема модульного измерителя мощности и решения по его программному обеспечению.

Ключевые слова:

Электрическая мощность, качество электроэнергии, PXI-платформа, цифровая обработка сигналов.

Key words:

Electric power, power quality, PXI Platform, digital signal processing.

Введение

Измерение мощности синусоидальных и несинусоидальных сигналов является актуальной задачей, т. к. способствует принятию правильных решений при формировании планов мероприятий по энергосбережению. Кроме коммерческих потерь в энергетических сетях имеются технологические потери, важной составляющей которых являются потери, связанные с неудовлетворительным качеством электроэнергии, к которым относят следующие ее показатели: отклонение напряжения, колебания напряжения, несинусоидальность напряжения, несимметрия напряжений, провал напряжения и др. [1–3]. Поэтому для правильного учета потребленной электрической энергии необходимо иметь приборы, регистрирующие показатели качества электроэнергии и, в частности, различные виды мощности соответствующих сигналов.

Обзор приборов анализа качества электроэнергии показывает, что в настоящее время выпускаются средства измерений, позволяющие проводить энергетические обследования в электрических сетях и системах электроснабжения и сочетающие в себе широкий спектр функциональных возможностей (проверка систем учета электроэнергии и регистрация графиков активной и реактивной мощностей, а также графиков изменения напряжения и др.).

До настоящего времени большая часть оборудования проектировалась под синусоидальные источники напряжения и линейные нагрузки таким образом, чтобы ток был синусоидальным. Вопросы определения неактивной мощности в несинусоидальных режимах до сих пор являются предметами полемики и дискуссий [4–6].

В статье обсуждается реализация модульного измерителя мощности с аналого-цифровым преоб-